不同方法处理的全株玉米青贮与玉米秸秆青贮对肉牛生长性能及经济效益的影响[1]

陈跃鹏[1] 郑爱荣[2] 孙 骁[1] 林锦翔[1] 肖俊楠[1] 刘伯帅[1] 王文静[1] 王成章[1,3] 史莹华[1,3*]

（1.河南农业大学牧医工程学院，郑州 450002；2.河南省饲草饲料站，郑州 450008；3.河南省草地资源创新与利用重点实验室，郑州 450002）

摘 要：本试验旨在研究全株玉米与玉米秸秆在添加和不添加青贮添加剂的情况下，青贮品质的差异以及对肉牛生长性能及经济效益的影响。选取 120 头西门塔尔杂种牛（18 月龄左右、平均体重 450 kg）作为试验动物，随机分为 4 组，每组 6 个重复，每个重复 5 头牛。试验设计 4 种含不同粗饲料的试验饲粮，分别为全株玉米青贮饲粮（WS 组）、全株玉米加菌青贮饲粮（WS-L 组）、玉米秸秆青贮饲粮（CS 组）和玉米秸秆加菌青贮（CS-L 组）饲粮。试验分为 2 期，其中预试期 10 d，试验前期、后期各 40 d。结果表明：1）添加青贮添加剂显著降低了全株玉米青贮的中性洗涤纤维（NDF）、酸性洗涤纤维（ADF）含量（$P<0.05$），同时增加了干物质（DM）、粗蛋白质（CP）含量（$P>0.05$），在一定程度上改善了全株玉米青贮的青贮品质。2）各组之间平均日干物质采食量差异不显著（$P>0.05$）；相比 CS 组，CS-L 组的平均日增重增加，料重比降低，但差异均不显著（$P>0.05$）；与 CS、CS-L 组相比，WS 和 WS-L 组的平均日增重显著增加（$P<0.05$），料重比显著降低（$P<0.05$）。3）WS-L 组血清总胆固醇（TC）含量显著低于 CS-L 组（$P<0.05$），其余各项血清生化指标各组之间差异均不显著（$P>0.05$）。4）WS-L 组每日利润最高，为 10.98 元/（头·d），比 WS 组略有增加，比 CS 和 CS-L 组分别增加了 51.66%、50.62%。综合分析表明，添加青贮添加剂改善了全株玉米青贮的青贮品质，对玉米秸秆青贮的青贮品质无显著影响；相比玉米秸秆

收稿日期：2017-12-25
基金项目：国家牧草产业技术体系建设专项基金（CARS-34）
作者简介：陈跃鹏（1989-），男，河南许昌人，硕士研究生，研究方向为牧草营养与利用。E-mail： 392185123@qq.com
*通新作者：史莹华，教授，博士生导师，E-mail： annysyh@126.com

青贮，全株玉米青贮提高了西门塔尔杂交肉牛的生长性能，增加了经济效益。

关键词：全株玉米青贮；玉米秸秆青贮；青贮添加剂；肉牛；生长性能

中图分类号：S816　　文献标识码：A　　文章编号：

由于反刍动物瘤胃的特殊性，长期以来，玉米秸秆作为反刍动物重要的粗饲料来源，尤其是在肉牛生产中，秸秆基础饲粮已成为了肉牛生产的常规饲粮。但成熟玉米秸秆纤维含量高，木质化严重，消化率低，营养价值较低[1]。为了获得满足反刍动物生产需求的优质粗饲料，2015—2017 年间国家开始实施"粮改饲"项目，推广全株玉米青贮，促进反刍动物生产。全株玉米青贮具有产量高、营养丰富、适口性好、消化率高等特点，现已在全世界范围内的奶牛业中广泛应用。研究表明，全株玉米青贮能够有效提高奶牛的产奶量、改善乳品质、降低养殖成本、增加经济效益[2-5]，但其在肉牛生产中的利用研究还相对比较少[6-7]。在生产实践中，通常通过添加青贮添加剂来改善青贮品质。Addah 等[8]研究显示，青贮过程中乳酸菌制剂的使用对动物的采食量、日增重、产奶量和饲料消化率等方面都有一定的积极影响。但不同研究之间存在较大差异，且在奶牛上的研究居多[9]。因此，本试验拟对全株玉米与玉米秸秆进行不同的青贮处理（添加和不添加青贮添加剂），并以西门塔尔杂种牛作为试验动物进行饲养试验，旨在探讨青贮添加剂对全株玉米与玉米秸秆青贮品质的影响，并对比不同方法处理的全株玉米青贮与玉米秸秆青贮对肉牛生长性能和经济效益的影响，为全株玉米青贮的科学生产及其在肉牛生产中的合理应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 青贮制作

在试验牛场制作 2 个全株玉米青贮窖（每窖容量约 100 t），在青贮玉米（豫青贮 23）蜡熟期（2016 年 9 月 17 日），用青贮收割机进行大田收割，粉碎成 1.5 cm 左右的入窖原料进行青贮，其中一窖喷洒青贮添加剂（某商业青贮添加剂，主要成分为植物乳杆菌、戊糖片球菌、嗜酸乳杆菌、纤维素酶、半纤维素酶和低聚糖，有效活菌数≥1×10^{11} CFU/g，添加量

为 20 g/t)。在试验牛场再制作 2 个玉米秸秆青贮窖（每窖容量约 100 t)，将周边农户籽粒型玉米收获后残留的尚有部分青绿的玉米植株（含水量 60%左右）(2016 年 9 月 25 日)，用青贮收割机进行收割，粉碎成 1.5 cm 左右的入窖原料进行青贮，其中一窖喷洒青贮添加剂（与全株玉米青贮时使用的青贮添加剂为同一产品）进行青贮。窖储至肉牛饲养试验开始时(2016 年 12 月 1 日）开封使用，正式试验前取样评价青贮品质。

1.2　饲养试验

饲养试验于 2016 年 12 月 1 日至 2017 年 3 月 10 日在河南恒都夏南牛开发有限公司进行。选取健康无病、体重相近（450 kg 左右）、月龄相近（18 月龄左右）的西门塔尔杂种牛 120 头，根据单因子完全随机设计，分为 4 组，每组 6 个重复，每个重复 5 头肉牛。试验分为 2 期，其中预试期 10 d，试验前期、后期各 40 d。4 组肉牛分别饲喂全株玉米青贮饲粮（WS 组）、全株玉米加菌青贮饲粮（WS-L 组）、玉米秸秆青贮饲粮（CS 组）和玉米秸秆加菌青贮饲粮（CS-L 组），饲粮配制参考 NRC（2000），试验前、后期饲粮组成及营养水平分别见表 1、2，所有饲粮均以全混合日粮（TMR）形式饲喂。正式试验前，完成杀菌消毒、打耳号、驱虫和免疫工作。所有试验牛进行统一管理，饲粮和饮水分别供应，每天 08：30 和 14：30 投料饲喂，定期进行牛舍喷雾消毒及清粪工作，饲养管理和免疫按常规方法进行。

表 1　试验前期饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of diets in early period（DM basis ）　%

项目 Items	组别 Groups WS	WS-L	CS	CS-L
原料 Ingredients				
精料补充料 Concentrate supplement[1)]	20.9	20.9	21.5	21.5
酒糟 Distiller’s grains	38.0	38.0	37.7	37.7
花生秧 Peanut seedlings	3.0	3.0	3.0	3.0

豆渣 Bean dregs	9.5	9.5	9.4	9.4
糖蜜 Molasses	2.0	2.0	2.0	2.0
全株玉米青贮 Whole corn silage	26.6			
全株玉米加菌青贮 Inoculated whole corn silage		26.6		
玉米秸秆青贮 Corn stalk silage			26.4	
玉米秸秆加菌青贮 Inoculated corn stalk silage				26.4
合计 Total	100.0	100.0	100.0	100.0
营养水平 Nutrient levels[2)]				
综合净能 NE_{mf}/(MJ/kg)	7.54	7.55	6.40	6.47
粗蛋白质 CP	12.46	12.50	12.45	12.50
中性洗涤纤维 NDF	42.58	41.23	52.3	52.00
钙 Ca	0.42	0.42	0.40	0.40
总磷 TP	0.38	0.38	0.37	0.37

[1)] 精料补充料由63%玉米、15%干酒糟及其可溶物、12%芝麻粕、2%棉籽粕、3%碳酸氢钠、1%氧化镁、1%氯化钠和3%预混料组成。每千克预混料中含有：Fe 1 000 mg，Zn 450 mg，Cu 105 mg，Se 2 mg，I 50 mg，Co 1 mg，VA 3 000 IU，VD 1 000 IU，VE 10 mg。Ingredients of concentrate supplement were 63% corn, 15% DDGS, 12% sesame meal, 2% cottonseed meal, 3% $NaHCO_3$, 1% MgO, 1% NaCl and 3% premix. Contained the following per kg of the premix: Fe 1 000 mg, Zn 450 mg, Cu 105 mg, Se 2 mg, I 50 mg, Co 1 mg, VA 3 000 IU, VD 1 000 IU, VE 10 mg.

[2)] 营养水平为依据 NRC（2000）得出的计算值，综合净能=（维持净能+增重净能）×综合净能校正系数，参考《肉牛饲养标准》(NY/T 815-2004)。表 2 同。Nutrient levels were calculated values according to NRC (2000). NE_{mf}=(NE_m+NE_g)×F, reference to *Feeding Standard*

of Beef Cattle (NY/T 815-2004). The same as Table 2.

表 2　试验后期饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 2　Composition and nutrient levels of diets in later period　（DM basis）　%

项目	组别 Groups			
Items	WS	WS-L	CS	CS-L
原料 Ingredients				
精料补充料 Concentrate supplement	20.1	20.1	20.7	20.7
酒糟 Distiller’s grains	22.0	22.0	21.8	21.8
花生秧 Peanut seedlings	2.9	2.9	2.9	2.9
豆渣 Bean dregs	12.8	12.8	12.7	12.7
糖蜜 Molasses	1.9	1.9	2.0	2.0
啤酒糟 Beer bad	22.0	22.0	21.8	21.8
全株玉米青贮 Whole corn silage	18.3			
全株玉米加菌青贮 Inoculated whole corn silage		18.3		
玉米秸秆青贮 Corn stalk silage			18.1	
玉米秸秆加菌青贮 Inoculated corn stalk silage				18.1
合计 Total	100.0	100.0	100.0	100.0
营养水平 Nutrient levels				
综合净能 NE_{mf}/(MJ/kg)	7.59	7.58	6.5	6.52
粗蛋白质 CP	11.97	12.0	11.96	12.0
中性洗涤纤维 NDF	37.65	36.72	46.15	45.94
钙 Ca	0.41	0.41	0.40	0.40
总磷 TP	0.39	0.39	0.38	0.38

精料补充料由70%玉米、6%干酒糟及其可溶物、10%芝麻粕、4%豆粕、2%棉籽粕、3%碳酸氢钠、1%氧化镁、1%氯化钠和3%预混料组成。每千克预混料中含有：Fe 1 000 mg，Zn 450 mg，Cu 105 mg，Se 2 mg，I 50 mg，Co 1 mg，VA 3 000 IU，VD 1 000 IU，VE 10 mg。Ingredients of concentrate supplement were 70% corn, 6% DDGS, 10% sesame meal, 4% soybean meal, 2% cottonseed meal, 3% $NaHCO_3$, 1% MgO, 1% NaCl and 3% premix. Contained the following per kg of the premix: Fe 1 000 mg, Zn 450 mg, Cu 105 mg, Se 2 mg, I 50 mg, Co 1 mg, VA 3 000 IU, VD 1 000 IU, VE 10 mg.

1.3 青贮品质分析

青贮发酵结束，开窖后取样。取部分样品参照王成章等[10]的方法进行感官鉴定。另取部分青贮样参照取部分青贮样品于65 ℃烘48 h后，粉碎过60目筛，密封保存待测营养成分含量。采用烘干法测定干物质（DM）含量；采用凯氏定氮法测定粗蛋白质（CP）含量；采用索氏浸提法测定粗脂肪（EE）含量；参考国家标准GB/T 6438-2007测定粗灰分（Ash）含量；参考国家标准GB/T 6436-2002，采用乙二胺四乙酸（EDTA）络合滴定法测定钙（Ca）含量；参考国家标准GB/T 6437-2002，采用钼黄吸光光度法测总磷（TP）含量；采用范氏法测定中性洗涤纤维（NDF）、酸性洗涤纤维（ADF）含量[11]。同时取20 g青贮样放入榨汁机中，加入180 mL蒸馏水，匀浆2 min后过滤保存待测pH以及乳酸（lactic acid，LA）、乙酸（acetic acid，AA）、丙酸（propionic acid，PA）和丁酸（butyric acid，BA）含量。采用雷磁PHSJ-4F型pH计测定pH，采用SHIMADZE-10A型高效液相色谱仪（色谱柱：Shodex Rspak KC-811 S-DVB gel Column，30 mm×8 mm；检测器：SPD-M10AVP；流动相：3 mmol高氯酸；流速：1 mL/min；柱温：50 ℃；检测波长：210 nm；进样量：5 μL）测定乳酸、乙酸、丙酸、丁酸含量。

1.4 生长性能指标测定

1.4.1 平均日干物质采食量（average daily dry matter intake,ADMI）

每次饲喂记录喂料量，每天早晨饲喂前称取剩料，记录剩料量，每 2 周取饲粮样测定水分含量，以计算平均日干物质采食量。

平均日干物质采食量[kg/（头·d）]=（喂料量-剩料量）×饲粮干物质含量/饲喂天数。

1.4.2 平均日增重（average day gain，ADG）

饲养试验开始和结束时各称重 1 次，记为始重和末重，以计算平均日增重，早饲前空腹秤重。

平均日增重[kg/（头·d）]=（末重-始重）/饲喂天数。

1.4.3 料重比（feed/gain，F/G）

根据平均日干物质采食量和平均日增重计算料重比。

料重比=平均日干物质采食量/平均日增重。

1.5 血清生化指标测定

饲养试验最后 1 天，禁食 12 h 后，每个重复选取 1 头肉牛进行尾根静脉采血，置于专用促凝管中，凝血后离心（4 ℃、940×*g*，15 min）分离血清，将血清置于-20 ℃保存待测。采用贝克曼库尔特全自动生化分析仪检测血清中尿素氮(UN)、葡萄糖（GLU）、总蛋白(TP)、总胆固醇(TC)、肌酐（Cr）含量以及谷丙转氨酶(ALT)和谷草转氨酶(AST)活性。

1.6 经济效益分析

根据饲料原料价格和肉牛增重，分别计算每日饲料成本和每日增重收入，最后比较不同组的头均每日利润。饲料单价根据各组饲料原料价格及其所占饲粮的比例计算得出。

每日饲料成本[元/（头·d）]=每日耗料[kg/（头·d）]×饲料单价（元/kg）。

每日增重收入[元/（头·d）]=平均日增重[kg/（头·d）]×活牛价格（元/kg）。

每日利润[元/（头·d）]=每日增重收入－饲料成本。

1.7 数据统计分析

采用 SPSS 20.0 软件对数据进行分析，结果以“平均值±标准差”表示，并用 Duncan 氏法

对各组数据进行多重比较，以 $P<0.05$ 为差异显著性水平。

2 结果与分析

2.1 不同组中青贮料的青贮品质

不同组中青贮料的感官评定结果见表 3。色泽方面，WS、CS、CS-L 组中青贮料呈黄褐色，WS-L 组中青贮料呈黄绿色；气味方面，各组青贮料均呈现酸香味或醋酸味；质地结构方面，CS、CS-L 组中青贮料茎叶黏结一起，分离困难，WS、WS-L 组中青贮料茎叶易分离。综合评价，WS-L 组中青贮料品质优良，WS、CS 和 CS-L 组中青贮料品质均为中等。

表 3 不同组中青贮料的感官评定

Table 3 Sensory evaluation of silages used in different groups

项目	组别 Groups			
Items	WS	WS-L	CS	CS-L
色泽 Color	黄褐色	黄绿色	黄褐色	黄褐色
气味 Smell	酸香味	酸香味	醋酸味	醋酸味
质地结构 Texture	茎叶易分离	茎叶易分离	茎叶黏结一起	茎叶难分离
等级 Rank	中等	优良	中等	中等

不同组中青贮料的发酵品质见表 4。各组中青贮料的 pH 差异不显著（$P>0.05$）；WS-L 组中青贮料的乳酸含量稍高于 WS 组（$P>0.05$），显著高于 CS、CS-L 组（$P<0.05$），且 CS-L 组中青贮料的乳酸含量略高于 CS 组（$P>0.05$）；WS 组中青贮料的乙酸含量稍高于 WS-L 组（$P>0.05$），显著高于 CS、CS-L 组（$P<0.05$），且 CS 组青贮料的乙酸含量显著高于 CS-L 组（$P<0.05$）；CS 组中青贮料的丙酸含量显著低于其余各组（$P<0.05$）；各组中青贮料均未检测出丁酸。

表 4 不同组中青贮料的发酵品质

Table 4 Fermentation quality of silages used in different groups

项目	组别 Groups			
Items	WS	WS-L	CS	CS-L
pH	3.97±0.04	3.92±0.03	3.98±0.03	3.95±0.04
乳酸 LA/%DM	5.12 ± 0.10^{a}	5.35 ± 0.09^{a}	4.10 ± 0.19^{b}	4.29 ± 0.07^{b}
乙酸 AA/%DM	1.13 ± 0.06^{a}	1.12 ± 0.08^{a}	0.98 ± 0.03^{b}	0.74 ± 0.04^{c}
丙酸 PA/%DM	0.44 ± 0.01^{b}	0.49 ± 0.02^{a}	0.37 ± 0.02^{c}	0.47 ± 0.03^{ab}
丁酸 BA/%DM	—	—	—	—

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（P＜0.05），相同字母或无字母表示差异不显著(P>0.05)。表 5 至表 7 同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference （P＜0.05）, while with the same letter or no letter superscripts mean no significant difference (P＞0.05). The same as Table 5 to Table 7.

不同组中青贮料的营养价值见表 5。WS-L 组中青贮料的干物质含量高于 WS 组（P＞0.05），显著低于 CS、CS-L 组（P＜0.05）；WS-L 组中青贮料的粗蛋白质、粗脂肪和粗灰分含量与 WS 组差异不显著（P＞0.05），二者均显著高于 CS、CS-L 组（P＜0.05）；CS 组中青贮料的中性洗涤纤维含量稍高于 CS-L 组（P＞0.05），显著高于 WS、WS-L 组（P＜0.05），且 WS 组中青贮料的中性洗涤纤维含量显著高于 WS-L 组（P＜0.05）；CS 组中青贮料的酸性洗涤纤维含量高于 CS-L 组（P＞0.05），显著高于 WS、WS-L 组（P＜0.05），且 WS-L 组中青贮料的酸性洗涤纤维含量显著低于 WS 组（P＜0.05）。

表 5　不同组中青贮料的营养价值

Table 5　Nutrient value of silages used in different groups

项目	组别 Groups			
Items	WS	WS-L	CS	CS-L

干物质 DM/%FM	28.79±0.59[b]	29.74±0.63[b]	32.81±0.95[a]	35.02±0.74[a]
粗蛋白质 CP/%DM	8.08±0.23[a]	8.23±0.30[a]	5.39±0.26[b]	5.56±0.25[b]
粗脂肪 EE/%DM	2.40±0.03[a]	2.42±0.04[a]	1.41±0.02[b]	1.43±0.04[b]
中性洗涤纤维 NDF/%DM	48.26±0.44[b]	43.20±0.42[c]	64.37±1.33[a]	63.22±1.03[a]
酸性洗涤纤维 ADF/%DM	27.42±1.13[b]	21.78±1.03[c]	33.78±0.77[a]	32.49±0.97[a]
粗灰分 Ash/%DM	6.22±0.12[b]	6.18±0.15[b]	7.28±0.20[a]	7.17±0.10[a]

2.2 不同方法处理的全株玉米青贮与玉米秸秆青贮对肉牛生长性能的影响

由表 6 可知，各组肉牛的平均日干物质采食量差异不显著（P＞0.05）；WS-L 组肉牛的平均日增重稍高于 WS 组（P＞0.05），显著高于 CS、CS-L 组（P＜0.05），且 CS-L 组的平均日增重略高于 CS 组（P＞0.05）；WS、WS-L 组肉牛的料重比显著低于 CS、CS-L 组（P＜0.05），且 WS-L 组的料重比低于 WS 组（P＞0.05），CS-L 组的料重比低于 CS 组（P＞0.05）。

表 6 不同方法处理的全株玉米青贮与玉米秸秆青贮对肉牛生长性能的影响

Table 6 Effects of whole corn silage and corn stalk silage with different treatments on growth performance of beef cattle

项目 Items	组别 Groups			
	WS	WS-L	CS	CS-L
平均日干物质采食量 ADMI/[kg/（头·d）]	10.26±0.13	10.31±0.20	10.29±0.58	10.33±0.18
平均日增重 ADG/[kg/（头·d）]	1.26±0.03[a]	1.28±0.02[a]	1.07±0.05[b]	1.08±0.05[b]
料重比 F/G	8.12±0.22[b]	8.09±0.18[b]	9.66±0.48[a]	9.58±0.32[a]

2.3 不同方法处理的全株玉米青贮与玉米秸秆青贮对肉牛血清生化指标的影响

由表 7 可知，除 CS-L 组肉牛血清中总胆固醇含量显著高于 WS-L 组（P＜0.05）外，血清中谷丙转氨酶与谷草转氨酶活性及总蛋白、尿素氮、肌酐和葡萄糖含量各组间均无显著差异（P＞0.05）。

表 7 不同方法处理的全株玉米青贮与玉米秸秆青贮对肉牛血清生化指标的影响

Table 7 Effects of whole corn silage and corn stalk silage with different treatments on serum biochemical indices of beef cattle

项目 Items	组别 Groups			
	WS	WS-L	CS	CS-L
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	35.75±4.86	38.33±4.93	37.25±5.68	39.25±4.99
谷草转氨酶 AST/(U/L)	101.50±15.95	91.00±8.72	83.75±8.66	84.75±5.74
总蛋白 TP/(g/L)	75.68±0.63	72.47±0.91	71.63±5.01	75.65±4.65
总胆固醇 TC/(mmol/L)	3.79±0.72^{ab}	3.66±0.18^{b}	4.33±0.87^{ab}	4.87±0.82^{a}
尿素氮 UN/(mmol/L)	4.35±0.77	4.47±0.99	3.53±0.41	4.53±0.71
肌酐 Cr/(mmol/L)	115.0±19.24	121.67±13.28	121.67±13.28	110.25±7.27
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	4.76±0.49	4.86±0.03	4.74±0.31	4.46±0.36

2.4 不同方法处理的全株玉米青贮与玉米秸秆青贮对肉牛经济效益的影响

试验用全株玉米加菌青贮、全株玉米青贮价格分别为 0.41、0.40 元/kg，玉米秸秆加菌青贮、玉米秸秆青贮价格分别为 0.20、0.19 元/kg，试验前、后期精料、花生秧、豆渣、糖蜜、酒糟、啤酒糟和麦秸的价格以市价计算。

由表 8 可知，在整个试验期内，WS-L 组每头牛每日利润最高，为 10.98 元，比 CS、CS-L 组分别多盈利 3.74、3.69 元；WS 组每头牛每日利润为 10.92 元，比 CS、CS-L 组分别多盈利 3.68、3.63 元；WS-L 组每头牛每日利润略高于 WS 组。

表 8 不同方法处理的全株玉米青贮与玉米秸秆青贮对肉牛经济效益的影响

Table 8 Effects of whole corn silage and corn stalk silage with different treatments on economic benefit of beef cattle

项目 Items	组别 Groups WS	WS-L	CS	CS-L
每日耗料 Daily feed consumption/[kg/（头·d）]	19.31	19.30	19.36	19.18
饲料单价 Feed unit price/（元/kg）	0.89	0.90	0.85	0.87
每日饲料成本 Daily Feed cost/[元/（头·d）]	17.19	17.37	16.46	16.69
日增重收入 Income of daily weight gain/[元/（头·d）]	28.11	28.34	23.7	23.99
每日利润 Daily profits/[元/（头·d）]	10.92	10.98	7.24	7.29

日增重收入按每千克增重收入 25 元估算。Calculated with the price of 25 RMB per kg weight gain.

3 讨 论

3.1 青贮添加剂对全株玉米与玉米秸秆青贮品质的影响

通过感官评定可以粗略地区分品质差异较大的青贮料，便于现场快速评定。本试验中全株玉米加菌青贮色泽呈现黄绿色、气味呈现酸香味、结构茎叶易分离，品质为优良，其余青贮料品质为中等。白元生[12]认为，优质青贮料的 pH 应该为 3.8~4.2，当 pH 下降到 4.0 以下时，乳酸菌等有益菌发挥主要作用，其他各种有害菌被抑制。本试验中，直接青贮和添加青贮添加剂的全株玉米青贮与玉米秸秆青贮 pH 均在 4.0 以下，符合优质青贮饲料的标准。添加青贮添加剂后，玉米秸秆青贮的 pH 无显著变化，乳酸含量增加，乙酸含量显著降低，说明青贮添加剂提高了乳酸和乙酸的生成比例，这与 Nkosi 等[13]的研究结果相一致。Aksu 等[14]研究发现，玉米青贮时添加含有植物乳杆菌的接种剂能够显著降低青贮料的 pH 并提高乳酸含量；但是 Shockey 等[15]研究表明玉米青贮时添加乳酸片球菌和植物乳杆菌不影响乳酸及乙酸的含量，对 pH 的降低作用也不显著。在本试验中，青贮添加剂降低了全株玉米青贮的 pH，增加了乳酸含量，但是差异不显著。青贮添加剂对全株青贮玉米作用效果不显著的原因可能

是原料本身附着大量的乳酸菌[16]。

青贮发酵过程伴随着营养物质含量的变化。吕文龙等[17]研究表明，与对照组相比，3 种青贮添加剂都提高了不带穗玉米秸秆青贮发酵末期的 pH 和干物质含量。谭树义等[18]研究表明，添加复合酶和乳酸菌制剂使玉米秸秆青贮的干物质、粗蛋白质含量提高，中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量降低。在本试验中，添加青贮添加剂后，玉米秸秆青贮中营养成分含量虽有一定程度的增加或减少，但差异均未达到显著水平；然而，添加青贮添加剂后，全株玉米青贮中中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量显著降低。不同研究结果中青贮料营养成分含量变化存在差异，可能是由青贮原料、青贮发酵时间、添加菌剂等的差异导致的。

3.2　不同方法处理的全株玉米青贮与玉米秸秆青贮对肉牛生长性能的影响

本试验中，饲喂含玉米秸秆青贮饲粮的肉牛的平均日增重较饲喂含全株玉米青贮饲粮的肉牛低，这可能是由于玉米秸秆营养价值较低，中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量高，适口性差，反刍动物对秸秆的消化率仅有 20%~30%[19]，当肉牛粗饲料仅为玉米秸秆青贮时，很难满足肉牛的维持需要，影响了生产性能的正常发挥。而饲喂含全株玉米青贮饲粮的肉牛平均日增重显著增加，一方面是由于全株玉米青贮含有较低的中性洗涤纤维，具有较高的中性洗涤纤维瘤胃降解率[20]，另一方面是因为玉米秸秆由于收获时间过晚，青贮前营养损失较多，导致青贮后蛋白质含量降低[21]，而全株玉米青贮带有籽粒，粗蛋白质含量和能量水平都要高于玉米秸秆青贮，这可能是全株玉米青贮能提高肉牛平均日增重，降低料重比的原因。

青贮能否成功在很大程度上取决于乳酸菌能否迅速而大量地繁殖[22]。目前，玉米青贮制作时多使用青贮添加剂，在青贮时接种乳酸菌菌种可以促进乳酸菌繁衍，理论上可以促进青贮发酵，减少营养损失，提高青贮品质[10]。Bayatkouhsar 等[23]报道，玉米青贮时添加菌剂对泌乳奶牛成分、奶产量和标准校正乳产量均无显著影响；周杰等[24]研究表明，与对照组相比，用乳酸菌添加剂处理的玉米秸秆饲喂育肥牛，育肥牛的日增重提高了 27.3%；Nkosi 等[25]的研究显示，与无添加对照组相比，添加布氏乳酸菌青贮组羔羊的干物质采食量增加。

本试验中，青贮添加剂的全株玉米青贮与玉米秸秆青贮并没有显著提高肉牛的生长性能。不同研究结果不一致，这可能与青贮时使用的菌剂种类、青贮饲料类型及动物品种和生理阶段等存在差异有关。

3.3 不同方法处理的全株玉米青贮与玉米秸秆青贮对肉牛血清生化指标的影响

血清中各种生化成分是动物体生命活动的物质基础，其含量或活性的变化规律是动物体重要的生物学特征[26]。肝脏是合成和贮存胆固醇的主要器官，血清中总胆固醇含量在一定程度上能够反映肝脏的健康情况。本试验中，饲喂含全株玉米加菌青贮饲粮的肉牛血清总胆固醇含量显著低于饲喂含玉米秸秆加菌青贮饲粮的肉牛，饲喂含玉米秸秆加菌青贮饲粮的肉牛血清总胆固醇含量升高可能与肉牛肝脏的健康状况有关，也可能是不同青贮料营养差异所致。本试验结果显示，含不同青贮料的饲粮对肉牛大部分血清生化指标无显著影响，血清生化指标显示各组肉牛均处于正常健康状态，表明青贮添加剂的使用对肉牛健康不会产生负面影响。

3.3 不同方法处理的全株玉米青贮与玉米秸秆青贮对肉牛经济效益的影响

实际生产中，选择的饲粮应既能提高肉牛日增重，又不降低经济效益。本试验中，虽然全株玉米加菌青贮饲粮成本高于全株玉米青贮饲粮，但饲喂该饲粮的肉牛的平均日增重也有所提高，此组的每日利润最高，为 10.98 元/（头·d），略高于全株玉米青贮组，比玉米秸秆青贮组与玉米秸秆加菌青贮组分别提高了 51.66%、50.62%；玉米秸秆加菌青贮组每日饲料成本高于玉米秸秆青贮组，但每日利润也有所增加。这表明青贮添加剂的使用虽然增加了全株玉米青贮与玉米秸秆青贮的成本，但也提高了肉牛的平均日增重，相比玉米秸秆青贮饲粮和玉米秸秆加菌青贮饲粮，全株玉米青贮饲粮和全株玉米加菌青贮饲粮均显著提高了肉牛的经济效益。总体来看，饲喂全株玉米加菌青贮饲粮的肉牛的经济效益要好于饲喂其余饲粮的肉牛。这一结果与前人的研究结果[27-28]基本相一致。

4 结 论

① 添加青贮添加剂可使全株玉米青贮的中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量显著降低，在一定程度上减少了全株玉米青贮的营养损失，改善了青贮品质。

② 通过肉牛饲养试验得出，添加青贮添加剂的全株玉米青贮与玉米秸秆青贮均提高了肉牛的生长性能，增加了经济效益。相比玉米秸秆青贮饲粮与玉米秸秆加菌青贮饲粮，全株玉米青贮饲粮与全株玉米加菌青贮饲粮均显著提高了肉牛的平均日增重，显著降低了料重比，增加了经济效益。

参考文献：

[1] 冯仰廉.反刍动物营养学[M].北京:科学出版社,2004:132–133.

[2] HAMELEERS A.The effects of inclusion of either maize silage,fermented whole crop wheat or urea-treated whole crop wheat in a diet based on a high-quality grass silage on the performance of dairy cows[J].Grass and Forage Science,2010,53(2):157–163.

[3] PHIPPS R H,SUTTON J D,JONES B A.Forage mixtures for dairy cows:the effect on dry-matter intake and milk production of incorporating either fermented or urea-treated w hole-crop wheat,brewers' grains,fodder beet or maize silage into diets based on grass silage [J].Animal Science,1995,61(3):491–496.

[4] 高腾云,唐桂芬,李红雷,等.带穗玉米青贮与玉米秸秆青贮饲养育成奶牛的试验[J].中国奶牛,2000(6):18–19.

[5] O'MARA F P,FITZGERALALD J J,MURPHY J J,et al.The effect on milk production of replacing grass silage with maize silage in the diet of dairy cows[J].Livestock Producti on Science,1998,55(1):79–87.

[6] KIRKLAND R M,PATTERSON D C.The effect of quality of grass and maize silage on the intake and performance of beef cattle[J].Livestock Science,2006,100(2/3):179–188.

[7] BROENE E M,JUNIPER D T,BRYANT M J,et al.Intake,live-weight gain and carcass

characteristics of beef cattle given diets based on forage maize silage harvested at different stages of maturity[J].Animal Science,2004,79(3):405–413.

[8] ADDAH W,BAAH J,OKINE E K,et al.A third-generation esterase inoculant alters fermentation pattern and improves aerobic stability of barley silage and the efficiency of body weight gain of growing feedlot cattle[J].Journal of Animal Science,2012,90(5):1541–1552.

[9] WEINBERG Z G, MUCK R E, WEIMER P J, et al.Lactic acid bacteria used in inoculants for silage as probiotics for ruminants[J]. Applied Biochemistry & Biotechnology,2004,118(1-3):1-9.

[10] 王成章,王恬.饲料学[M].北京:中国农业出版社,2003.

[11] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].4 版.北京:中国农业大学出版社,2016:71–74.

[12] 白元生.饲料原料学[M].北京:北京农业大学出版,1999:25–32.

[13] NKOSI B D,MEESKE R,PALIC D,et al.Laboratory evaluation of an inoculant for ensiling whole crop maize in South Africa[J].Animal Feed Science and Technology,2009,150(1/2):144–150.

[14] AKSU T,BAYTOK E,BOLAT D.Effects of a bacterial silage inoculant on corn silage fermentation and nutrient digestibility[J].Small Ruminant Research,2004,55(1/2/3):249–252.

[15] SHOCKEY W L,DEHORITY B A,et al.Effects of Microbial Inoculant on Fermentation of Alfalfa and Corn[J].Journal of Dairy Science,1985,68(11):3076–3080.

[16] WEINBERG Z G,SHATZ O,CHEN Y,et al.Effect of lactic acid bacteria inoculants on *in vitro* digestibility of wheat and corn silages[J].Journal of Dairy Science,2007,90(10):4754–4762.

[17] 吕文龙,刁其玉,闫贵龙.不同添加剂对不带穗玉米秸秆青贮发酵品质的影响[J].中国畜牧兽医,2010,37(3):22–26.

[18] 谭树义,王峰,郑心力,等.复合酶和乳酸菌制剂对玉米秸秆青贮发酵品质的影响[J].粮食与饲料工业,2016,12(8):54–56.

[19] 刘稼芳,李杰.秸秆资源作为饲料的开发利用[J].饲料博览,1998(2):20–21.

[20] 祁宏伟,田子玉,姜怀志,等.不同收获时间全株玉米青贮饲料在牛瘤胃内干物质降解率的研究[J].吉林农业大学学报,2001,23(4):97–99,110.

[21] 彭晓培,肖西山,李静.不同青贮饲料营养价值的比较[J].中国畜牧杂志,2009,45(19):47–49.

[22] WEINBERG Z G,MUCK R E.New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage[J].FEMS Microbiology Reviews,2010,19(1):53–68.

[23] BAYATKOUHSAR J,TAHMASEBI A M,NASERIAN A A.The effects of microbial inoculation of corn silage on performance of lactating dairy cows[J].Livestock Science,2011,142(1/2/3):170–174.

[24] 周杰,兰正恒.肉牛育肥生产中“青宝II号”饲料添加剂饲喂及屠宰效果试验[J].养殖与饲料,2009(1):41–42.

[25] NKOSI B D,MEESKE R,PALIC D,et al.Effects of ensiling whole crop maize with bacterial inoculants on the fermentation,aerobic stability,and growth performance of lambs[J].Animal Feed Science and Technology,2009,154(3/4):193–203.

[26] 汪张贵.日粮核黄素添加水平对新扬州仔鸡免疫机能和血液生化指标的影响[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2005:28–29.

[27] 马建齐.玉米桔杆黄贮与全株玉米青贮对犁早杂种肉牛育肥效果的对比试验[J].畜牧兽医杂志,2008,27(3):23–24.

[28] 纪天成.全株玉米青贮对肉牛饲喂效果试验[J].畜牧兽医杂志,2010,29(6):94–95.

Effects of Whole Corn Silage and Corn Stalk Silage with Different Treatments on Growth Performance and Economic Benefit of Beef Cattle[2]

CHEN Yuepeng[1] ZHENG Airong[2] SUN Xiao[1] LIN Jinxiang[1] XIAO Junnan[1] LIU Boshuai[1] WANG Wenjing[1] WANG Chengzhang[1,3] SHI Yinghua[1,3*]

(1. *College of Animal and Veterinary Science, Henan Agricultural University*, *Zhengzhou* 450002, *China*; 2. *Forage and Feed Station of Henan Province, Zhengzhou* 450008, *China;* 3. *Henan Key Laboratory of Innovation and Utilization of Grassland Resources*, *Zhengzhou* 450002, *China*）

Abstract: The purpose of this experiment was to study the difference of silage quality between whole corn and corn stalk whether adding or not adding silage additive, and the effects of them on growth performance and economic benefit of beef cattle. One hundred and twenty Simmental hybrids (about 18 months old with an average body weight of 450 kg) were selected and randomly divided into 4 groups with 6 replicates per group and 5 cows per replicate. Four different experimental diets were designed, which were different in forage, they were whole corn silage diet (WS group), inoculated whole corn silage diet (WS-L group), corn stalk silage diet (CS group), inoculated corn stalk silage diet (CS-L group), respectively. The experiment was divided into two stages, in which the preliminary trial period was 10 d, the early period and later period of the test were 40 d, respectively. The results showed as follows: 1) adding silage additive significantly reduced the content of neutral detergent fiber（NDF）, acid detergent fiber（ADF）（P<0.05), and increased the contents of dry matter (DM) and crude protein (CP) in whole corn silage (P>0.05), therefore, to a certain extent, improved the silage quality of whole corn silage. 2) Among the groups, the average daily dry matter intake had no significant difference (P> 0.05); compared with the CS group, the average daily gain (ADG) was increased and feed:gain (F/G) was decreased in CS-L group, but the differences were not significant (P> 0.05); compared with the CS and CS-L groups, the ADG was significantly increased and the F/G was significantly

*Corresponding author, professor, E-mail: annysyh@126.com (责任编辑 菅景颖)

decreased in WS and WS-L groups (P<0.05). 3) The serum total cholesterol (TC) content in WS-L group was significantly lower than that in CS-L group (P＜0.05), and the other serum biochemical indexes were not significantly different among all groups (P>0.05). 4) WS-L group had the highest daily profit, it was 10.98 RMB/（head·d）, which was slightly higher than WS group, and increased by 51.66 % and 50.62% compared with CS and CS-L groups, respectively. The results showed that adding silage additive can improve the silage quality of whole corn silage, but has no significant effect on the silage quality of corn stalk silage. Compares with corn stalk silage, whole corn silage increases the growth performance and the economic benefit of beef cattle.

Key words: whole corn silage; corn stalk silage; silage additive; beef cattle; growth performance